

FORMACIÓN DIDÁCTICA EN CÁLCULO UNIVERSITARIO. UNA PROPUESTA BASADA EN EL DISEÑO DE ACTIVIDADES COMO EJE RECTOR

Luis Manuel Cabrera Chim, José David Zaldívar Rojas

CINVESTAV-IPN

lmcabrera@cinvestav.mx, jzaldivar@cinvestav.mx

Resumen. En el presente trabajo se discute una propuesta de formación didáctica de profesores de cálculo, la cual toma como punto de partida los resultados del diseño e implementación, a nivel experimental, de un curso-taller previo de formación de profesores universitarios en el área de cálculo. Tal experiencia nos permite afirmar que los cursos de formación no deben contradecir fuertemente la epistemología del profesor, pues ello ocasiona desinterés y rechazo a las propuestas del curso; más aún si no vislumbran una aplicabilidad “directa” de tales propuestas. En este sentido, una formación gradual parece ser una opción adecuada. Con base en lo anterior, se desarrolla un curso en el cual el eje rector es el diseño de actividades didácticas, tomando como base ciertos elementos de corte didáctico, epistemológico y cognitivo, que se encuentran presentes en las investigaciones relacionadas con la didáctica del cálculo.

Palabras Clave: Cursos de formación didáctica; elementos; diseño de actividades.

Introducción

En la vida escolar preuniversitaria o universitaria es bien sabido que un buen número de dificultades de los estudiantes, están asociadas al entendimiento y manejo de los conceptos básicos y no tan básicos del cálculo. Se ha probado inclusive que aun aquellos estudiantes que ya han llevado uno o dos cursos de cálculo muestran serias deficiencias a la hora de trabajar con los conceptos inmersos en esta materia (Ver Aparicio, Ávila, 2006). Los métodos convencionales empleados en la enseñanza de las matemáticas llevan a los profesores a teñir de algoritmos los cursos con poca ganancia cognitiva, repercutiendo directamente en el currículo (Cantoral, 1993, citado en Zaldívar, 2006). A nivel

universitario, el estudio del cálculo tiende a centrarse en una práctica algorítmica, y se intenta desde los inicios, aplicar los tradicionales métodos rigurosos de demostración matemática (Moreno, 2005). No se reconocen los mecanismos de producción de los conocimientos ni la organización social en el aula, que en conjunto hacen posible tal construcción; existe una confrontación entre la obra matemática y la matemática escolar (Cordero, 2001). Por otra parte, consideramos que muchas veces la enseñanza del cálculo es presentada en los salones de clase alejada del mundo en que se desenvuelven los alumnos.

En las últimas décadas, la *innovación*³⁹ en didáctica del cálculo y el estudio de su complejidad en relación a los problemas que de ella derivan, especialmente en el nivel superior, es quizá uno de los temas con mayor documentación en la literatura especializada. Por ejemplo, Artigue (1995) describe la complejidad que guarda la didáctica del cálculo a partir del análisis que trajo consigo la masiva incursión de la enseñanza del cálculo en el bachillerato francés a inicios del siglo XX. Más recientemente, se discute sobre una posible crisis en la enseñanza contemporánea del cálculo universitario y de la necesidad de un cambio de paradigma. Cambio que resulta de considerar las nuevas tecnologías de la información y muy especialmente de atender a las “bondades” que brinda la matemática computacional.

El arduo trabajo desarrollado en didáctica del cálculo, así como los proyectos de innovación en su enseñanza, han logrado incidir poco al seno de las prácticas institucionales y en las prácticas de aula que los profesores llevan a cabo. Preexiste una gran brecha entre la innovación (realidad de aula) y las investigaciones científicas (Moreno, 2005). Adquiere importancia entonces, que los profesores de nivel superior conozcan y reconozcan los aportes de las investigaciones didácticas. Para ello, se hace necesario establecer puentes entre la investigación y la docencia.

³⁹ Entenderemos por *innovación* en la enseñanza todas aquellas propuestas que tratan de mermar las deficiencias del método “tradicional” de enseñanza.

Con el objetivo de superar el estatus problemático de la enseñanza-aprendizaje del cálculo, se han propuesto diversas reformas. Éstas comparten algunos criterios como son: cambios en los currículos vigentes, cambios en el desarrollo profesional de la universidad, en la utilización sistemática de la tecnología y de otros materiales y sobre todo, en la formación didáctica y científica de los docentes (Moreno, 2005), punto sobre el cual nuestro trabajo busca incidir.

Ahora bien, el éxito de cualquier cambio en la forma en que se desarrolla la enseñanza está determinado, en gran parte, por la implementación de un cambio en las concepciones del profesor, pues muchas de ellas se vuelven verdaderos obstáculos para lograr un cambio en los métodos de enseñanza que éste emplea (Campanario, 2003). Por otra parte, podemos afirmar que la práctica docente del profesor está vinculada con la aparición de factores que inciden en el desempeño escolar de los alumnos (D'Amore y Martini, 2000). De este modo, un tema de interés y discusión en la educación es la formación de los profesores; pues cuando se trabaja sobre el diseño de cursos de formación, preguntas tales como: ¿Qué temáticas deben abordarse?, ¿Cómo lograr incidir sobre las creencias y concepciones del profesorado?, ¿Cómo lograr que los cambios se reflejen en sus prácticas educativas?, son comunes y determinantes para el diseño de cualquier propuesta. Se requiere que el profesor posea una adecuada visión de lo que es la actividad matemática, en especial dentro del salón de clase, de una epistemología apropiada y de concepciones didácticas apropiadas. Sin embargo en el nivel universitario, por lo general, únicamente se exige una formación disciplinar sólida. Esto constituye un factor que provoca que las prácticas docentes de los profesores desarrolladas dentro del aula se basen en esquemas de referencia, producto de su experiencia escolar y profesional; dentro de lo cual se incluyen las creencias sobre la forma de llevar a cabo la enseñanza, el papel que tanto él como el alumno deben desarrollar dentro del salón, y aquello que se acepta como muestra de aprendizaje (Parra, 2005). Es así que entramos en un círculo vicioso, el cual difícilmente se puede superar si no se proporciona a los profesores una capacitación adecuada.

Diversas acciones se han desarrollado en los últimos años para dar solución a las problemáticas anteriores. En todas ellas, se señala la necesidad de contar con una adecuada preparación para los profesores en otros ámbitos además del disciplinar, como por ejemplo, en el ámbito didáctico. Se reporta que las actividades que desarrolla el profesor no pueden continuar basándose en ideas intuitivas, espontáneas, aisladas o tradicionales, fruto de su experiencia. Como un ejemplo de los reportes provenientes de tales acciones, podemos mencionar el señalamiento que se hace en Vivas, *et al.* (2003): el saber profesional del docente debe abarcar conocimientos actualizados de la disciplina que enseña, de la didáctica universitaria y de la didáctica especial correspondiente.

Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos, los cursos de formación, así como los resultados de investigación relacionados con la didáctica de las matemáticas, parecen tener poco eco en la práctica de los profesores. Además, los profesores presentan cierto recelo hacia una formación en didáctica. Consideran que ella sólo viene a complicar y entorpecer su labor, pues ésta introduce una terminología muchas veces desconocida por ellos y conciben en ella un beneficio únicamente para el alumno, en perjuicio de la formación que se les proporciona. De hecho, las experiencias no tan positivas de los profesores en otros cursos de capacitación constituyen otro punto en contra en esta formación. Las ideas y creencias de los profesores pueden llegar a convertirse en obstáculos a los que se enfrenta toda propuesta de formación en didáctica (Cabrera, 2006).

Aspectos Metodológicos

Para el desarrollo de la presente propuesta nos basamos en los resultados obtenidos del trabajo experimental desarrollado en Cabrera (2006): *“Una propuesta de capacitación didáctica para profesores de cálculo en el nivel superior”*. El objetivo de dicho trabajo consistió en: identificar aspectos ligados a la epistemología y experiencia de profesores universitarios de cálculo asociados a la aceptación de propuestas de capacitación o formación didáctica al tiempo que se analizaba la viabilidad de generar cambios favorables sobre dichas propuestas. En el trabajo, se pretendió introducir a los profesores al ambiente

de la didáctica de las matemáticas, centrándose particularmente en el cálculo. Dentro del mismo se comunicaron a los profesores ciertos aspectos teóricos sobre los que se generaba discusión, para luego enfrentar al profesor con algunas actividades que le permitieran vislumbrar los aportes que tales conocimientos teóricos tienen, generándose así nuevas discusiones.

Dentro de las observaciones y resultados mencionados por Cabrera (2006), podemos señalar la expectativa de algunos profesores sobre el establecimiento y comunicación de técnicas que puedan aplicar en sus clases y, muchas de las veces, que sirvan para guiar todo su desarrollo. Esto también se deriva de la necesidad de satisfacer exigencias que otros cursos de formación no han logrado cubrir. De este modo, las experiencias no tan positivas de los profesores en otros cursos de formación didáctica (los cuales frecuentemente poseen un carácter general de acción) constituyen puntos a vencer dentro de la formación de los profesores. Se requiere, como ellos mismos comentan, cursos centrados en la propia matemática, que los ayuden a atender las problemáticas inherentes a su disciplina.

En lo que respecta a la viabilidad del uso de la Teoría de las Situaciones Didácticas como modelo teórico de formación, podemos mencionar que ésta se presenta como un eje central adecuado sobre el cual pueden basarse y girar las acciones encaminadas a la capacitación de los profesores referente a la didáctica de las matemáticas. Los profesores encuentran que dicha teoría es concordante, o al menos no contraviene, fuertemente, sus creencias y concepciones sobre la forma en que se aprende; pues ella presenta una forma de trabajo muy similar a la que ellos desarrollan en su trabajo matemático (*acción, formulación, validación*), además que les permite cubrir en la fase de *institucionalización* (utilizada un poco fuera del contexto en que se presenta en la teoría de las situaciones) una exigencia propia muy arraigada en ellos, la cual resulta difícil de trastocar, y consiste en la fuerte necesidad de presentar las definiciones y teoremas bajo estudio, lo cual les “asegure” que los alumnos han “aprendido” matemáticas formalmente. Parecería pues, que el decirle a los alumnos “*éste es el concepto y ésta su definición*”, les confiriera la certeza de que se ha aprendido y comprendido el objeto de estudio (esto constituye un punto importante para

atender en cursos de formación posteriores). Cabe mencionar que no se pretende que el profesor profundice y domine la Teoría de las Situaciones Didácticas, más bien se pretende proporcionarles una nueva forma de proceder dentro de las clases, a partir de la cual es posible articular otras acciones de formación.

Los resultados que se presentan en Cabrera (2006) nos permiten decir que gran parte del éxito de los cursos de formación dependerá de que el profesor encuentre las temáticas que se abordan no tan alejadas de sus creencias y su epistemología, aún cuando éste sea consciente de la necesidad de un cambio en su quehacer didáctico. De este modo, se presenta una situación difícil de tratar: se requiere que el profesor vislumbre la necesidad de un cambio, pero tal cambio no puede ser diametralmente opuesto a su epistemología. Se propone entonces organizar las acciones destinadas a la formación de los profesores en etapas más accesibles y congruentes con sus concepciones, buscando que etapas y concepciones evolucionen a la par. Se requieren pues, procesos de formación sistemáticos que incidan de forma constante en las acciones de los profesores, de forma que éstos tengan tiempo de poner en práctica los elementos proporcionados durante el curso y madurar así sus ideas, para luego complementar tales acciones con otros elementos.

En este sentido nos proponemos formular un curso-taller de formación didáctica para profesores atendiendo las características antes descritas, intentando además, atender el reclamo de los profesores sobre *la no vinculación* entre la investigación en didáctica de la matemática y la práctica docente. Lo anterior sería una manera de engranar la investigación con la práctica de los profesores en el aula. Se podría pensar, en primera instancia, que una solución sería proporcionarles al profesor una gran cantidad de propuestas didácticas (reportadas en los artículos de investigación) para su directa aplicación en las aulas de matemáticas. Sin embargo, esta situación podría volverse contraproducente, pues la mayoría de las propuestas son experimentales y se han desarrollado bajo características controladas y en escenarios particulares; provocando una frustración en los profesores al observar resultados no tan alentadores, en cuanto al aprendizaje de los estudiantes, como los que se podrían reportar. Nótese además que, en la situación anterior, se requiere de un

profesor familiarizado con la terminología que se utiliza en los artículos especializados en didáctica de las matemáticas, siendo esta una queja frecuente de los profesores. En segunda instancia, se podría considerar conveniente proporcionarle al profesor una síntesis con las características principales de cada una de las propuestas; sin embargo se pecaría de reduccionistas. Bajo las circunstancias anteriores, nuestras reflexiones y esfuerzos se dirigieron hacia “desmenuzar” y tratar de entender el trasfondo de las actividades y diseños, lo cual nos llevó a estudiar las propuestas, que trataran en algún sentido temas relacionados con la didáctica del cálculo, de manera individual y en conjunto. Tal manera de actuar nos proveyó de características y patrones que se mantenían en dichas propuestas; estas características son para nosotros los elementos que constituyen el pilar de acción de tales trabajos. La tarea del profesor entonces consistiría, según nuestra concepción, en considerar algunos elementos y diseñar sus propias propuestas didácticas.

De esta forma, se incorporarán en el curso-taller, la implementación de algunas directrices concretas a manera de elementos para el diseño de actividades didácticas en cálculo, los cuales son producto de una reflexión exhaustiva sobre algunas investigaciones, como aquellos elementos reportados en Zaldívar (2006). Cabe aclarar que lo anterior se toma no en el sentido de proporcionar técnicas o ejemplos prototipo a utilizar como “recetas” en el proceso de instrucción, sino más bien como directrices del trabajo docente. La idea de elementos se basa en considerar *aquellas partes medulares en las actividades o secuencias de actividades utilizadas por investigadores en sus proyectos de investigación o innovación en didáctica del cálculo* (Zaldívar, 2006), tal es el caso de aspectos cognitivos, epistemologías del saber o prácticas asociadas a los procesos de aprendizaje.

Entre los elementos que se propondrán y manejarán a lo largo del curso, se encuentran:

1. La noción de visualización matemática.
2. Cambio y coordinación entre registros de representación semiótica.
3. Desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional.
4. La cualidad dual de los conceptos. Objeto-Proceso.

5. Concepto-Imagen y Concepto-Definición.
6. La noción de infinito. Infinito Potencial e Infinito Actual.
7. Procesos y situaciones límites.

Propuesta de Curso-Taller para profesores de Cálculo del nivel universitario

El curso que se propone contempla 4 sesiones. A lo largo de las cuales se discutirán las características de la Didáctica de las Matemáticas, así como de la importancia y urgencia del estudio de la misma. Se plantean como objetivos los siguientes puntos:

1. Conscientizar al profesor sobre la importancia de conocer los resultados derivados de la didáctica de las matemáticas para su acción docente.
2. Hacer reflexionar al profesor sobre su práctica docente.
3. Proporcionar a los profesores algunas directrices a manera de elementos provenientes de la investigación en didáctica de las matemáticas para el diseño de actividades didácticas en cálculo.

Es así que pondremos al profesor a realizar actividades didácticas que consideren algunos aspectos que los reportes de investigación plantean como importantes y presentes en el proceso de E-A de las matemáticas.

A continuación se hace una descripción no exhaustiva de las temáticas que se abordarán en cada una de las sesiones del curso.

Sesión 1.

1. Elaboración y presentación, por parte de los profesores, de una actividad para enseñar un tópico de cálculo (funciones y derivadas).

2. Características de la Didáctica, y sus aportes a la práctica docente: importancia de la didáctica.

Sesión 2.

1. Reporte de problemáticas en el aprendizaje del cálculo en estudiantes universitarios de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).
2. Presentación de los elementos para el diseño de actividades didácticas en cálculo.

Sesión 3.

1. Teoría de las Situaciones Didácticas.
2. Ingeniería Didáctica.
3. Discusión y análisis de un diseño de actividad para algún (os) tema (s) de cálculo. Modo en el que se pusieron en juego los elementos y objetivos que se persiguen con el diseño.

Sesión 4.

1. Diseño de los profesores de actividades didácticas.
2. Comentarios y discusión de las actividades por desarrolladas por los profesores.

La primera sesión tiene como propósito hacer reflexionar al profesor sobre su práctica docente. A partir de la discusión de las actividades que elaboren los profesores, buscamos observar aquellas dificultades que éstos han detectado en sus alumnos y las acciones que han tomando al respecto. Así mismo deseamos conocer las expectativas de los profesores acerca del curso-taller para tener una base sobre la cual decidir dónde hacer los énfasis en las sesiones posteriores. Tomando en cuenta los puntos anteriores intentaremos presentar

una visión general de la didáctica de las matemáticas, a partir de la cual se establezcan los alcances y potencialidades de la misma.

Teniendo como base la reflexión de la sesión anterior, en la segunda sesión se pretende mostrar las problemáticas que pueden derivarse de la forma en la que se desarrollan al interior de la Facultad de Matemáticas de la UADY, intentando con ello que los profesores tomen conciencia de la necesidad de incidir sobre sus prácticas. Para ello nos basaremos en los reportes derivados del proyecto de investigación titulado “Un estudio sobre factores que obstaculizan la permanencia, logro educativo y eficiencia terminal en las áreas de matemáticas del nivel superior: el caso de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán” financiado por CONACYT. Para concluir con la sesión se propondrán maneras y/o acciones que pueden llevarse a cabo con el fin de subsanar de alguna forma algunas de las dificultades presentadas.

En la tercera sesión se presentará la Teoría de las Situaciones Didácticas. Se pretende lograr que el profesor vislumbre otra forma de mirar su quehacer didáctico; como un símil de una comunidad matemática. Se busca que los profesores propicien espacios para una actuación más dinámica de los alumnos dentro del aula, dando a los estudiantes ciertas facilidades para *actuar, formular y validar* sobre una situación de aprendizaje. Esto con la finalidad de que sean ellos mismos quienes busquen apropiarse de ciertas nociones y conceptos que les permitirán sentar las bases sobre las cuales edificar, fundamentar y dar significado a los conceptos matemáticos. De este modo, el profesor se concibe como un orientador e *institucionalizador* del conocimiento matemático. Así mismo se discute la Ingeniería Didáctica como un modelo para el diseño y evaluación de las actividades a desarrollar. Dentro de esta sesión, y con la finalidad de hacer más comprensibles las características que se describen en dicha teoría y la forma de articular los elementos discutidos, se llevará a cabo la puesta en escena de un diseño didáctico por parte de los instructores. Al finalizar la sesión, se pedirá a los profesores el desarrollo de un diseño didáctico que aborde algunos elementos proporcionados en la sesión anterior.

En la cuarta, y última sesión, se discutirán algunas secuencias didácticas elaboradas por los profesores, con la finalidad de aclarar, corregir o detectar aquellos aspectos que no hayan sido del todo comprendidos o que hayan surgido a la hora de poner en práctica tanto la forma de trabajo derivada de teoría, como los *elementos*.

Conclusiones

Tanto la investigación en didáctica del cálculo como la práctica docente tienen sus propios problemas y dificultades, que quizás, hoy en día, tienen muy pocos puntos en común. Lo anterior es debido principalmente a que el conocimiento basado en la investigación no se transforma fácilmente en estrategias educativas efectivas, aunado con la poca accesibilidad e interés de los profesores hacia los resultados de la investigación (Artigue, 2003). Por nuestra parte, tenemos la convicción de que el florecimiento de investigaciones cuyo fin sea crear “puentes” entre la investigación y la práctica docente, serán las bases para poder aspirar a un cambio importante en la práctica docente actual, pero ello significa encontrar formas de hacer que el conocimiento basado en la investigación sea útil fuera de las comunidades y los entornos experimentales donde se desarrolla, no pudiendo ser esto sólo responsabilidad de los investigadores (Artigue, 2003).

Los cursos de formación constituyen escenarios propicios para trastocar ideas limitadas que sobre la didáctica y los cursos de formación tengan los profesores. Sin embargo, tales incidencias deben realizarse de una manera gradual y sistemática.

Bibliografía

- Aparicio, E., Ávila, E. (2006). Un estudio de las dificultades que presentan estudiantes universitarios en el área de cálculo. *Memoria electrónica del V encuentro de investigación educativa*. Mérida, Yucatán.
- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En P. Gómez (Ed.), *Ingeniería didáctica en educación matemática: Un esquema para la investigación*

y la innovación en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas (pp. 97-140). México. Una empresa docente y Grupo editorial Iberoamérica.

Artigue, M (2003). ¿Qué se puede aprender de la investigación educativa en el nivel universitario? *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, 10(2), 117-134.

Cabrera, L. (2006). "Una propuesta de formación didáctica para profesores que imparten cálculo en el nivel superior". *Memorias de la X Escuela de Invierno en Matemática Educativa*. pp. 43-53. Versión Electrónica.

Campanario, M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 21 (2), 319-328.

Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 4 (2), 103-128.

D'Amore, B. y Martini, B. (2000). Sobre la preparación teórica de los maestros de matemáticas. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 3 (1), 33-45.

Moreno, M. (2005). El papel de la didáctica en la enseñanza del Cálculo: evolución, estado actual y retos futuros. *Noveno Simposio de la Sociedad Española de Educación Matemática SEIEM*. 81-96.

Parra, H. (2005). Creencias matemáticas y la relación entre actores del contexto. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 8 (1), 69-90.

Vivas, M.; Becerra, G.; Díaz D. (2003). Propuesta para la formación del profesorado universitario. *Revista Acción pedagógica*, 12 (2), 60-66.

Zaldívar, J. (2006). *Un estudio sobre elementos para el diseño de actividades didácticas en cálculo*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México.